

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19)世界知的所有権機関
国際事務局



(43)国際公開日
2004年3月11日 (11.03.2004)

PCT

(10)国際公開番号
WO 2004/020159 A1

(51)国際特許分類7: B25J 17/00, 5/00
(52)発明者; および
(53)発明者/出願人(米国についてのみ); 五味 洋
(GOMI,Hiroshi) [JP/JP]; 〒351-0193 埼玉県 和光市
中央一丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
Saitama (JP). 浜谷 一司 (HAMAYA,Kazushi) [JP/JP];
〒351-0193 埼玉県 和光市 中央一丁目4番1号
株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP). 豊田 均
(TOYODA,Hitoshi) [JP/JP]; 〒351-0193 埼玉県 和光市
中央一丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
Saitama (JP). 竹村 佳也 (TAKEMURA,Yoshinari)
[JP/JP]; 〒351-0193 埼玉県 和光市 中央一丁目4番
1号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP).
(54)代理人: 吉田 豊 (YOSHIDA,Yutaka); 〒170-0013 東京都
豊島区 東池袋一丁目20番2号 池袋ホワイトハ
ウスビル 816号 Tokyo (JP).

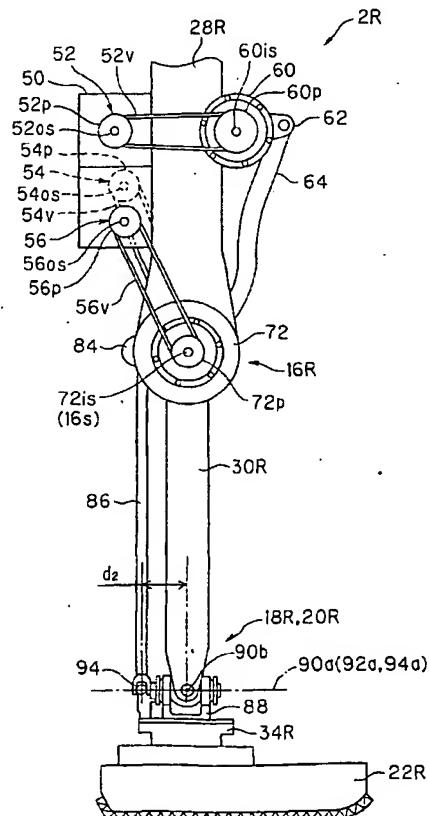
(51)国際特許分類7: B25J 17/00, 5/00
(52)出願人(米国を除く全ての指定国について); 本
田技研工業株式会社 (HONDA GIKEN KOGYO
KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒107-8556 東京都港
区南青山二丁目1番1号 Tokyo (JP).

(51)国際特許分類7: B25J 17/00, 5/00
(52)出願人(米国を除く全ての指定国について); 本
田技研工業株式会社 (HONDA GIKEN KOGYO
KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒107-8556 東京都港
区南青山二丁目1番1号 Tokyo (JP).

/締葉有/

(54) Title: LEGGED MOBILE ROBOT

(54)発明の名称: 脚式移動ロボット



(57) Abstract: A leg section of a legged mobile robot has at least a first joint (16) and second joints (18, 20) arranged more downward in the direction of gravity than the first joint. Actuators (54, 56) for driving the second joints are arranged at the same position as the first joint or at a position (28) more upward in the direction of gravity than the first joint. This enables to lighten the weight of the landing side of the leg section and to reduce inertia force generated in the leg section during movement.

WO 2004/020159 A1

/締葉有/



(81) 指定国(国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(広域): ARIPO 特許(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 國際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイド」を参照。

(57) 要約:

脚式移動ロボットにおいて、脚部が少なくとも第1の関節(16)とそれより重力方向において下方に配置される第2の関節(18, 20)を備えると共に、前記第2の関節を駆動するアクチュエータ(54, 56)を、前記第1の関節と同位置、又はそれより重力方向において上方の位置(28)に配置する。これにより、脚部の接地側の重量を軽量化することができ、移動時、脚部に発生する慣性力を低減することができる。

明細書

脚式移動ロボット

5 技術分野

この発明は脚式移動ロボットに関し、より詳しくは、脚式移動ロボットの脚部に関する。

背景技術

10 脚式移動ロボット、特に脚式移動ロボットの脚部に関する技術としては、例えば特許第3293952号公報記載の技術が知られている。この従来技術にあっては、膝関節を駆動する電動モータを大腿リンクに配置すると共に、足首関節を駆動する電動モータを下腿リンクに配置し、各関節の軸線と同軸に配置された減速機をベルトを介して駆動することにより、歩行に必要な駆動力を得るように構成している。

脚式移動ロボットを移動させる場合、特に、高速で移動させる場合にあっては、脚部に大きな慣性力が生じる。このため、移動時に脚部に発生する慣性力を低減させるよう、脚部、特にその接地側（床面に接地する側。即ち、末端側）の重量が軽量であることが望ましい。しかしながら、上記した従来技術にあっては、
20 下腿リンクに足首関節を駆動するための電動モータが配置されると共に、足首関節の軸線と同軸に減速機が配置されることから、脚部の接地側の重量が重くなり、慣性力の低減の点で改善の余地を残していた。

発明の開示

25 従って、この発明の目的は、脚部の接地側（末端側）の重量を軽量化し、よつて移動時に脚部に発生する慣性力を低減できるようにした脚式移動ロボットを提供することにある。

この発明は、上記した目的を達成するために、後述する請求の範囲第1項に記載する如く、関節脚部を備え、アクチュエータで前記脚部を駆動して移動する脚

式移動ロボットにおいて、前記脚部は、少なくとも第1の関節と、前記第1の関節より重力方向において下方に配置される第2の関節を備えると共に、前記第2の関節を駆動するアクチュエータが、前記第1の関節と同位置および前記第1の関節より重力方向において上方の位置のいずれかに配置される如く構成した。こ
5 のように、脚部が少なくとも第1の関節とそれより重力方向において下方に配置される第2の関節を備えると共に、前記第2の関節を駆動するアクチュエータが、前記第1の関節と同位置、およびそれより重力方向において上方の位置のいずれかに配置されるように構成したので、脚部の接地側（末端側。即ち、第2の関節側）の重量を軽量化することができ、よって移動時、特に高速移動時に脚部に
10 発生する慣性力を低減することができる。

また、この発明は、後述する請求の範囲第2項に記載する如く、前記第2の関節を駆動するアクチュエータの出力軸およびその出力が伝達される伝達要素の出力軸のいずれかが、前記第1の関節の軸線と同軸に配置されると共に、前記第2の関節は、前記第1の関節の軸線と同軸に配置された出力軸にロッドを介して駆
15 動されるように接続される如く構成した。このように、第2の関節を駆動するアクチュエータの出力軸およびその出力が伝達される伝達要素の出力軸のいずれかが、第1の関節の軸線と同軸に配置されると共に、前記第2の関節は、前記第1の関節の軸線と同軸に配置された出力軸に剛体であるロッドを介して駆動される
20 ように接続される如く構成したので、前述の効果に加え、第2の関節とアクチュエータ、あるいは第2の関節と伝達要素を離間して配置しても精度良く動力を伝達することができる。さらには、第1の関節と第2の関節を独立して角度調整することができる。

また、この発明は、後述する請求の範囲第3項に記載する如く、前記第2の関節は、少なくとも異なる2方向の回転軸線を備える如く構成した。このように、
25 第2の関節が少なくとも異なる2方向の回転軸線を備える如く構成したので、前述の効果に加え、脚式移動ロボットの滑らかな移動が可能となる。

また、この発明は、後述する請求の範囲第4項に記載する如く、前記第2の関節は、複数個のアクチュエータによって駆動されると共に、前記複数個のアクチュエータの出力軸およびそれらの出力が伝達される伝達要素の出力軸のいずれか

と、複数本のロッドを介して駆動されるように接続される如く構成した。このよう
うに、第2の関節が複数個のアクチュエータによって駆動されると共に、前記複
数個のアクチュエータの出力軸、およびそれらの出力が伝達される伝達要素の出
力軸のいずれかと、複数本のロッドを介して駆動されるように接続される如く構
成したので、前述の効果に加え、第2の関節（具体的には大きな駆動力が必要と
される足首関節）の駆動を複数個のアクチュエータの駆動力の和によって行なう
ことができ、よって第2の関節を駆動する複数個のアクチュエータを小型化する
ことができる。

また、この発明は、後述する請求の範囲第5項に記載する如く、前記複数本の
ロッドは、前記第2の関節の軸線から所定の距離離間して配置される如く構成し
た。このように、第2の関節とそれを駆動する複数個のアクチュエータ（あるいは
それらの出力が伝達される伝達要素）の出力軸を接続する複数本のロッドが、
第2の関節の軸線から所定の距離離間して配置される如く構成したので、前述の
効果に加え、小さな駆動力で第2の関節を駆動することができる。

また、この発明は、後述する請求の範囲第6項に記載する如く、前記第2の関
節は、前記脚部が有する関節の中で最も接地側に配置される関節である如く構成
した。このように、第2の関節が脚部が有する関節の中で最も接地側に配置され
る関節である如く構成したので、前述の効果に加え、脚部の接地端から第2の関
節（具体的には足首関節）までの距離を小さくすることができ、よって脚式移動
ロボットの安定性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

第1図は、この発明の一つの実施の形態に係る脚式移動ロボットを、脚部の関
節構造を中心に模式的に示す概略図である。

第2図は、第1図で模式的に示したロボットの右側の脚部を詳しく示す右側面
図である。

第3図は、第2図に示す脚部の背面図である。

第4図は、第3図のI-V—I-V線断面図である。

第5図は、第3図のV—V線断面図である。

第6図は、第1図に示すロボットの右側の脚部を右側方から見た、足首関節の駆動動作を説明する模式図である。

第7図は、第1図に示すロボットの右側の脚部を後方から見た、足首関節の駆動動作を説明する模式図である。

5 第8図は、足首関節とそれを駆動するアクチュエータとの一つの接続手法を示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、添付図面を参照してこの発明の一つの実施の形態に係る脚式移動ロボットについて説明する。

第1図はこの実施の形態に係る脚式移動ロボット、より詳しくは、2足歩行ロボットを、脚部の関節構造を中心に模式的に示す概略図である。

図示の如く、2足歩行ロボット（以下「ロボット」という）1は、左右それぞれの脚部2R, 2L（右側をR、左側をLとする。以下同じ）に6個の関節（軸線で示す）を備える。6個の関節は重力上方において上方から順に、股（腰部）の脚部回転用（Z軸まわり）の関節10R, 10L（右側をR、左側をLとする。以下同じ）、股（腰部）のロール方向（X軸まわり）の関節12R, 12L、股（腰部）のピッチ方向（Y軸まわり）の関節14R, 14L、膝部のピッチ方向の関節16R, 16L、足首のピッチ方向の関節18R, 18L、および同ロール方向の関節20R, 20Lから構成される。即ち、股関節（あるいは腰関節）は関節10R（L）、12R（L）、14R（L）から、膝関節（前記した第1の関節）は関節16R（L）から、足首関節（前記した第2の関節）は関節18R（L）、20R（L）から構成される。

足首関節18R（L）、20R（L）の下部には足平22R, Lが取り付けられると共に、最上位には上体（基体）24が設けられ、その内部にマイクロコンピュータからなる制御ユニット26などが格納される。また、股関節10R（L）、12R（L）、14R（L）と膝関節16R（L）とは大腿リンク28R, Lで連結され、膝関節16R（L）と足首関節18R（L）、20R（L）とは下腿リンク30R, Lで連結される。

また、同図に示す如く、足首関節18, 20R (L) と足平22R (L) の接地端の間には、公知の6軸力センサ（床反力検出器）34R (L) が取り付けられ、力の3方向成分 F_x , F_y , F_z とモーメントの3方向成分 M_x , M_y , M_z とを測定し、脚部2R (L) の着地（接地）の有無、および床面（図示せず）から脚部2R (L) に作用する床反力（接地荷重）などを検出する。また、上体24には傾斜センサ36が設置され、Z軸（鉛直方向（重力方向））に対する傾きとその角速度を検出する。また、各関節を駆動する電動モータには、その回転量を検出するロータリエンコーダ（図示せず）が設けられる。

これら6軸力センサ34R (L) や傾斜センサ36などの出力は制御ユニット26に入力される。制御ユニット26は、メモリ（図示せず）に格納されているデータおよび入力された検出値に基づき、各関節を駆動する電動モータ（同図で図示せず）の制御値を算出する。

このように、ロボット1は左右の脚部2R, 2Lのそれぞれについて6つの自由度を与えられ、これら $6 \times 2 = 12$ 個の関節を駆動する電動モータを制御ユニット26で算出された制御値に基づいて動作させることにより、足全体に所望の動きを与えることができ、任意に3次元空間を移動させることができる。尚、上体24には腕部や頭部が接続されるが、それらの構造はこの発明の要旨に直接の関係を有しないため、図示を省略する。

統いて、第2図以降を参照してロボット1の脚部2R, 2Lについて詳説する。尚、以下、右側の脚部2Rを例に挙げて説明するが、脚部2R, 2Lは左右対称のため、以下の説明は脚部2Lにも妥当する。

第2図は、第1図で模式的に示した脚部2Rを詳しく示す右側面図である。尚、同図において、股関節付近の図示は省略する。また、第3図は、第2図に示す脚部2Rの背面図である。

両図に示すように、大腿リンク28Rの後部にはモータケース50が設けられ、モータケース50の内部上方には、膝関節16Rを駆動する電動モータ（以下「膝関節用電動モータ」という）52が配置される。また、モータケース50の内部下方には、足首関節18R, 20Rを駆動する第1の電動モータ（以下「第1足首関節用電動モータ」という）54が配置されると共に、第1足首関節用電

動モータ 54 のさらに下方には足首関節 18R, 20R を駆動する第2の電動モータ（以下「第2足首関節用電動モータ」という）56 が配置される。第1足首関節用電動モータ 54 と第2足首関節用電動モータ 56 は、それらの出力軸 54o s と 56o s が左右方向（第1図のY軸方向）において相反する向きに位置するように配置される。

また、大腿リンク 28R の前部において、前記した膝関節用電動モータ 52 と対向する位置には、減速機（以下「膝関節用減速機」という）60 が配置される。膝関節用電動モータ 52 の出力軸 52o s に固定されたブーリ 52p は、ベルト 52v を介して膝関節用減速機 60 の入力軸 60i s に固定されたブーリ 60p と接続され、よって膝関節用電動モータ 52 の出力は膝関節用減速機 60 に伝達される。尚、膝関節用減速機 60 は公知のハーモニック減速機（登録商標）であり、詳細な説明は省略する。

また、膝関節用減速機 60 の出力軸（図示せず）には、ロッド接続部（以下「膝関節用ロッド接続部」という）62 が設けられ、膝関節用ロッド接続部 62 には剛体からなるロッド（以下「膝関節用ロッド」という）64 の上端がピッチ方向（第1図のY軸回り）において回動自在に接続される。

他方、二股に分岐された膝関節用ロッド 64 の下端は、下腿リンク 30R の上端に形成された下腿リンク側膝関節用ロッド接続部 66 に、ピッチ方向において回動自在に接続される。このように、下腿リンク 30R は、膝関節用ロッド接続部 62 と膝関節用ロッド 64 を介して膝関節用減速機 60 に接続され、よって膝関節用電動モータ 52 の出力によってピッチ方向に駆動される。このとき、下腿リンク 30R の回転軸線が、前記した膝関節 16R の軸線 16s となる。

膝関節 16R の軸線 16s 上において、膝関節 16R の両側（左右方向における両側）には、2 個の減速機 70, 72 が配置される。減速機 70 の入力軸 70i s に固定されたブーリ 70p は、前記した第1足首関節用電動モータ 54 の出力軸 54o s に固定されたブーリ 54p とベルト 54v を介して接続され、よって第1足首関節用電動モータ 54 の出力は減速機 70 に伝達される。以下、減速機 70 を「第1足首関節用減速機」という。

また、減速機 72 の入力軸 72i s に固定されたブーリ 72p は、前記した第

2足首関節用電動モータ 5 6 の出力軸 5 6 o s に固定されたブーリ 5 6 p とベルト 5 6 v を介して接続され、よって第2足首関節用電動モータ 5 6 の出力は減速機 7 2 に伝達される。以下、減速機 7 2 を「第2足首関節用減速機」という。尚、第1足首関節用減速機 7 0 と第2足首関節用減速機 7 2 は、共に公知のハーモニック減速機であり、それらのベース部（回転しない部位。図示せず）は、下腿リンク 3 0 R に固定される。
5

第4図は、第3図の I V - I V 線断面図、即ち、膝関節 1 6 R の断面図である。

同図に示す如く、第1足首関節用減速機 7 0 と第2足首関節用減速機 7 2 の入
10 力軸 7 0 i s, 7 2 i s と出力軸 7 0 o s, 7 2 o s は、いずれも膝関節 1 6 R の軸線 1 6 s と同軸に配置される。また、第1足首関節用減速機 7 0 の出力軸 7 0 o s には第1足首関節用ロッド接続部 8 0 が固定され、第1足首関節用ロッド接続部 8 0 には剛体からなる第1足首関節用ロッド 8 2 の上端がピッチ方向に回動自在に接続される。同様に、第2足首関節用減速機 7 2 の出力軸 7 2 o s には
15 、第2足首関節用ロッド接続部 8 4 が固定され、第2足首関節用ロッド接続部 8 4 には剛体からなる第2足首関節用ロッド 8 6 の上端がピッチ方向に回動自在に接続される。

第2図および第3図の説明に戻ると、6軸力センサ 3 4 R の上部には台座部 8 が設けられる。台座部 8 8 には、同一平面上において異なる2方向の回転軸線
20 9 0 a と 9 0 b を備えるユニバーサル・ジョイント 9 0 が設置される。下腿リンク 3 0 R の下端は、ユニバーサル・ジョイント 9 0 に接続され、よってユニバーサル・ジョイント 9 0 、台座部 8 8 および6軸力センサ 3 4 R を介して前記した足平 2 2 R に接続される。以下、ユニバーサル・ジョイント 9 0 を「下腿リンク接続用ユニバーサル・ジョイント」という。

25 第5図は、第3図の V - V 線断面図、即ち、足首関節 1 8 R, 2 0 R の断面図である。

同図に示すように、下腿リンク接続用ユニバーサル・ジョイント 9 0 は、直交する2本の軸 9 0 A と 9 0 B を備える。軸 9 0 A は、ロール方向（X軸まわり）の回転軸であり、前記した関節 2 0 R に相当すると共に、その回転中心が上記し

た回転軸線 90a となる。また、軸 90A の両端は、台座部 88 によって支持（固定）される。

他方、軸 90B は、ピッチ方向（Y 軸まわり）の回転軸であり、前記した関節 18R に相当すると共に、その回転中心が上記した回転軸線 90b となる。また 5 軸 90B の両端には、二股に分岐された下腿リンク 30R の下端が固定される。これにより、足首関節 18R, 20R は、ロール方向とピッチ方向によって規定される平面内の任意の軸線を中心として、回動自在に構成される。

第 2 図および第 3 図の説明に戻ると、台座部 88 において下腿リンク接続用ユニバーサル・ジョイント 90 の後方には、それより小さな第 1 ロッド用ユニバーサル・ジョイント 92 と第 2 ロッド用ユニバーサル・ジョイント 94 が設置され 10 、第 1 ロッド用ユニバーサル・ジョイント 92 には第 1 足首関節用ロッド 82 の下端が接続されると共に、第 2 ロッド用ユニバーサル・ジョイント 94 には第 2 足首関節用ロッド 86 の下端が接続される。

第 5 図を参照して第 1 ロッド用ユニバーサル・ジョイント 92 と第 2 ロッド用 15 ユニバーサル・ジョイント 94 について詳説すると、第 1 ロッド用ユニバーサル・ジョイント 92 と第 2 ロッド用ユニバーサル・ジョイント 94 は、それぞれ直交する 2 本の軸 92A と 92B, 94A と 94B を備える。軸 92A, 94A は、共にロール方向（X 軸まわり）の回転軸であり、それらの回転軸線 92a, 9 20 4a は、前記した下腿リンク接続用ユニバーサル・ジョイント 90 の回転軸線 90a と同一平面上かつ平行に位置する。軸 92A と 94A の両端には、二股に分岐された第 1 足首関節用ロッド 82 の下端と第 2 足首関節用ロッド 86 の下端がそれぞれ固定される。

また、軸 92B, 94B は、共にピッチ方向（Y 軸まわり）の回転軸であり、それらの回転軸線 92b, 94b は、前記した下腿リンク接続用ユニバーサル・ジョイント 90 の回転軸線 90b と同一平面上かつ平行に位置する。軸 92B と 25 94B の両端は、それぞれ台座部 88 によって支持（固定）される。これにより、各足首関節用ロッド 82, 86 の下端は、ロール方向とピッチ方向によって規定される平面内の任意の軸線を中心として、回動自在に構成される。

このように、足首関節 18R, 20R は、第 1 足首関節用ロッド 82 と第 2 足

首関節用ロッド 8 6 を介して第 1 足首関節用電動モータ 5 4 および第 2 足首関節用電動モータ 5 6 の出力が伝達される伝達要素である第 1 足首関節用減速機 7 0 と第 2 足首関節用減速機 7 2 に接続され、よって足首関節 1 8 R, 2 0 R は、第 1 足首関節用電動モータ 5 4 および第 2 足首関節用電動モータ 5 6 によって駆動される。

ここで、第 1 足首関節用減速機 7 0 と第 2 足首関節用減速機 7 2 は、足首関節 1 8 R, 2 0 R より重力方向において上方に位置する膝関節 1 6 R の軸線 1 6 s と同軸に配置されると共に、第 1 足首関節用電動モータ 5 4 と第 2 足首関節用電動モータ 5 6 は、膝関節 1 6 R よりさらに上方に位置する上腿リンク 2 8 R に配置されるので、脚部 2 R の接地側（末端側。即ち、足首関節 1 8 R, 2 0 R 側）の重量を軽量化することができ、よって移動時、特に高速移動時に脚部に発生する慣性力を低減することができる。

また、足首関節 1 8 R, 2 0 R に減速機や電動モータなどが配置されないため、脚部 2 R の接地端と足首関節 1 8 R, 2 0 R の距離を小さくすることができ、よってロボット 1 の安定性を向上させることができる。さらには、足平 2 2 R の接地端と 6 軸力センサ 3 4 R、6 軸力センサ 3 4 R と足首関節 1 8 R, 2 0 R のそれぞれの離間距離を短くすることができるため、脚部 2 R に作用する床反力の大きさや方向を精度良く検出することができる。

また、足首関節 1 8 R, 2 0 R を下腿リンク接続用ユニバーサル・ジョイント 9 0 から構成し、異なる 2 方向の回転軸線 9 0 a, 9 0 b を備えるようにしたので、ロボット 1 の滑らかな移動が可能となる。

次いで、第 6 図および第 7 図を参照し、足首関節 1 8 R, 2 0 R の駆動動作について説明する。第 6 図は、右側の脚部 2 R を右側方から見た、足首関節 1 8 R, 2 0 R の駆動動作を説明する模式図である。第 7 図は、右側の脚部 2 R を後方から見た、足首関節 1 8 R, 2 0 R の駆動動作を説明する模式図である。

以下説明すると、第 6 図において、A で示す脚部 2 R を初期状態としたとき、第 2 足首関節用減速機 7 2 を第 2 足首関節用電動モータ 5 6 （図示せず）によって紙面において時計回り（即ち、脚部 2 R を右側から見た場合における時計回り）に駆動すると共に、第 2 足首関節用減速機 7 2 の裏側に位置する第 1 足首関節

用減速機 7 0 を第 1 足首関節用電動モータ 5 4 （図示せず）によって時計回り（図示しない左側の脚部 2 L 側から見た場合は反時計回り）に駆動することにより、同図 B に示すように、第 2 足首関節用ロッド接続部 8 4 と第 2 足首関節用ロッド 8 6 、ならびに第 1 足首関節用ロッド接続部 8 0 と第 1 足首関節用ロッド 8 2 が上方に駆動され、よって足平 2 2 R が踵を上げる（つま先を下げる）ように駆動される。

他方、第 2 足首関節用減速機 7 2 を第 2 足首関節用電動モータ 5 6 によって紙面において反時計回りに駆動すると共に、第 1 足首関節用減速機 7 0 を第 1 足首関節用電動モータ 5 4 によって反時計回り（図示しない左側の脚部 2 L 側から見た場合は時計回り）に駆動することにより、同図 C に示すように、第 2 足首関節用ロッド接続部 8 4 と第 2 足首関節用ロッド 8 6 、ならびに第 1 足首関節用ロッド接続部 8 0 と第 1 足首関節用ロッド 8 2 が下方に駆動され、よって足平 2 2 R が踵を下げる（つま先を上げる）ように駆動される。このように、第 1 足首関節用ロッド 8 2 と第 2 足首関節用ロッド 8 6 を同方向に駆動することにより、足首 18 R, 20 R はピッチ方向（Y 軸回り）に駆動される。

一方、第 7 図において A で示す脚部 2 R を初期状態としたとき、第 1 足首関節用ロッド 8 2 を下方に駆動すると共に、第 2 足首関節用ロッド 8 6 を上方に駆動することで、同図 B に示すように、足平 2 2 R が左側を下げる（右側を上げる）ように駆動される。

また、第 1 足首関節用ロッド 8 2 を上方に駆動すると共に、第 2 足首関節用ロッド 8 6 を下方に駆動することで、同図 C に示すように、足平 2 2 R が左側を上げる（右側を下げる）ように駆動される。即ち、第 1 足首関節用ロッド 8 2 と第 2 足首関節用ロッド 8 6 を逆方向に駆動することにより、足首関節 18 R, 20 R はロール方向（X 軸回り）に駆動される。

このように、大きな駆動力が必要とされる足首関節 18 R, 20 R の駆動を 2 個の電動モータ（第 1 足首関節用電動モータ 5 4 と第 2 足首関節用電動モータ 5 6 ）の駆動力の和によって行なうようにしたので、各足首関節用電動モータ 5 4, 5 6 を小型化することができる。

また、第 1 足首関節用ロッド 8 2 と第 2 足首関節用ロッド 8 6 は、第 3 図に示

すように、下腿リンク接続用ユニバーサル・ジョイント90のロール方向の軸線90aから所定の距離d1だけ側方に離間して配置されると共に、第2図に示すように、下腿リンク接続用ユニバーサル・ジョイント90のピッチ方向の軸90Bから所定の距離d2だけ後方に離間して配置される。即ち、力点（第1ロッド5用ユニバーサル・ジョイント92と第2ロッド用ユニバーサル・ジョイント94）を支点（下腿リンク接続用ユニバーサル・ジョイント90）から所定の距離離間した位置に配置するようにしたので、小さな駆動力で足首関節18R, 20Rを駆動することができる。

さらに、第1足首関節用減速機70と足首関節18R, 20R、および第2足首関節用減速機72と足首関節18R, 20Rを、それぞれ剛体である第1足首関節用ロッド82と第2足首関節用ロッド86を介して駆動されるように接続したので、各足首関節用減速機70, 72と足首関節18R, 20Rを離間して配置しても精度良く動力を伝達することができる。

これについて第2図を参照して詳しく説明すると、例えば、第2足首関節用電動モータ56と第2ロッド用ユニバーサル・ジョイント94の相対位置は、膝関節16Rが駆動されることによって変化するため、それらを剛体からなるロッドで接続することはできない。しかしながら、膝関節16Rの軸線16sと第2ロッド用ユニバーサル・ジョイント94の相対位置は、膝関節16Rが駆動されても変化しないため、膝関節16Rの軸線16sと同軸に電動モータ、あるいはその出力が伝達される減速機（伝達要素）の出力軸を配置することで、それらを剛体からなるロッドで接続することができる。

尚、上記において、例えば第8図に示すように、上腿リンク100に配置された電動モータ102と足首関節104を、膝関節106に支点を持つ剛体からなる平行リンク108で接続することも考えられる。しかしながら、このような平行リンク108で接続すると、膝関節106の角度（屈曲角） θ_{knee} の変位に伴って足首関節の角度（屈曲角） θ_{ankle} も変化するため、膝関節106と足首関節104を独立して角度調整することが困難であるという不具合が生じる。具体的には、膝関節106の角度 θ_{knee} の変位を θ_{move} とすると、 θ_{ankle} は、およそ θ_{ankle} と θ_{move} の和になる。即ち、 θ_{ank}

le も θ_{move} だけ変位する。

他方、この発明に係る脚式移動ロボット 1 にあっては、膝関節 16R (L) の角度が変位しても足首関節 18R (L), 20R (L) の角度にはほとんど影響を及ぼさない。正確には、膝関節 16R (L) の角度が変化すると前記したベ
5 ス部（下腿リンク 30 に固定されて回転しない部分）と入力軸 70is, 72is の相対角度が変化するため、減速機 70, 72 の減速比倍低減された角度だけ足首関節 18R (L), 20R (L) がピッチ方向 (Y 軸まわり) 駆動される。具体的には、膝関節 16R (L) の角度 θ_{knee} の変位を θ_{move} とすると、足首関節の角度 θ_{ankle} は、およそ $\theta_{move}/$ 減速比だけ変化する。
10 しかしながら、前述した如く、足首関節の駆動には大きな駆動力が必要とされるため、通常は減速機 70, 72 の減速比も大きく設定される。このため、 $\theta_{move}/$ 減速比は非常に小さな値となることから、膝関節 16R (L) の角度の変化は足首関節 18R (L), 20R (L) の角度にはほとんど影響を及ぼさない。また、膝関節 16R (L) の回転運動（ピッチ方向の回転運動）は、足首關
15 節 18R (L), 20R (L) のロール方向 (X 軸まわり) の回転運動とは全く関係しないため、膝関節 16R (L) の運動が足首関節 18R (L), 20R (L) のロール方向の運動に影響を及ぼすことはない。従って、膝関節 16R (L) と足首関節 18R (L), 20R (L) を独立して角度調整することができる。
20 以上のように、この実施の形態に係る脚式移動ロボットにあっては、関節脚部 2R (L) を備え、アクチュエータで前記脚部を駆動して移動する脚式移動ロボット (ロボット) 1において、前記脚部は、少なくとも第 1 の関節 (膝関節 16R (L)) と、前記第 1 の関節より重力方向において下方に配置される第 2 の関節 (足首関節 18R (L), 20R (L)) を備えると共に、前記第 2 の関節を
25 駆動するアクチュエータ (第 1 足首関節用電動モータ 54, 第 2 足首関節用電動モータ 56) が、前記第 1 の関節と同位置および前記第 1 の関節より重力方向において上方の位置 (上腿リンク 28R (L)) のいずれかに配置される如く構成した。

また、前記第 2 の関節を駆動するアクチュエータの出力軸 54os, 56os

およびその出力が伝達される伝達要素（第1足首関節用減速機70，第2足首関節用減速機72）の出力軸70o s, 72o sのいずれかが、前記第1の関節の軸線16 sと同軸に配置されると共に、前記第2の関節は、前記第1の関節の軸線と同軸に配置された出力軸にロッド（第1足首関節用ロッド82，第2足首関節用ロッド86）を介して駆動されるように接続される如く構成した。
5

また、前記第2の関節は、少なくとも異なる2方向の回転軸線90a, 90bを備える如く構成した。

また、前記第2の関節は、複数個のアクチュエータ（第1足首関節用電動モータ54，第2足首関節用電動モータ56）によって駆動されると共に、前記複数個のアクチュエータの出力軸54o s, 56o sおよびそれらの出力が伝達される伝達要素（第1足首関節用減速機70，第2足首関節用減速機72）の出力軸70o s, 72o sのいずれかと、複数本のロッド（第1足首関節用ロッド82，第2足首関節用ロッド86）を介して駆動されるように接続される如く構成した。
10

15 また、前記複数本のロッドは、前記第2の関節の軸線90a, 90bから所定の距離d1, d2離間して配置される如く構成した。

また、前記第2の関節は、前記脚部が有する関節の中で最も接地側に配置される（足首）関節である如く構成した。

尚、上記において、脚式移動ロボットとして2本の脚部を備えた2足歩行ロボットを例にとって説明したが、1本あるいは3本以上の脚部を備えた脚式移動ロボットでも良い。
20

また、足首関節を2個の電動モータによって駆動するように構成したが、1個でも良いし、3個以上の電動モータを使用するようにしても良い。

また、膝関節の軸線と同軸に減速機を配置するようにしたが、電動モータを直接配置しても良い。
25

また、膝関節を駆動する電動モータ（あるいはその出力が伝達される伝達要素）を股関節の軸線と同軸に配置し、それらをロッドで接続するようにしても良い。

また、剛体からなるロッド以外にも、例えばプッシュプル・ケーブルなどを用

いても良い。

また、使用するアクチュエータも電動モータに限られるものではなく、他のアクチュエータであっても良い。

5 産業上の利用可能性

この発明によれば、脚式移動ロボットにおいて、脚部が少なくとも第1の関節とそれより重力方向において下方に配置される第2の関節を備えると共に、前記第2の関節を駆動するアクチュエータが、前記第1の関節と同位置、およびそれより重力方向において上方の位置のいずれかに配置されるように構成したので、

10 脚部の接地側（末端側。即ち、第2の関節側）の重量を軽量化することができ、よって移動時、特に高速移動時に脚部に発生する慣性力を低減することができる

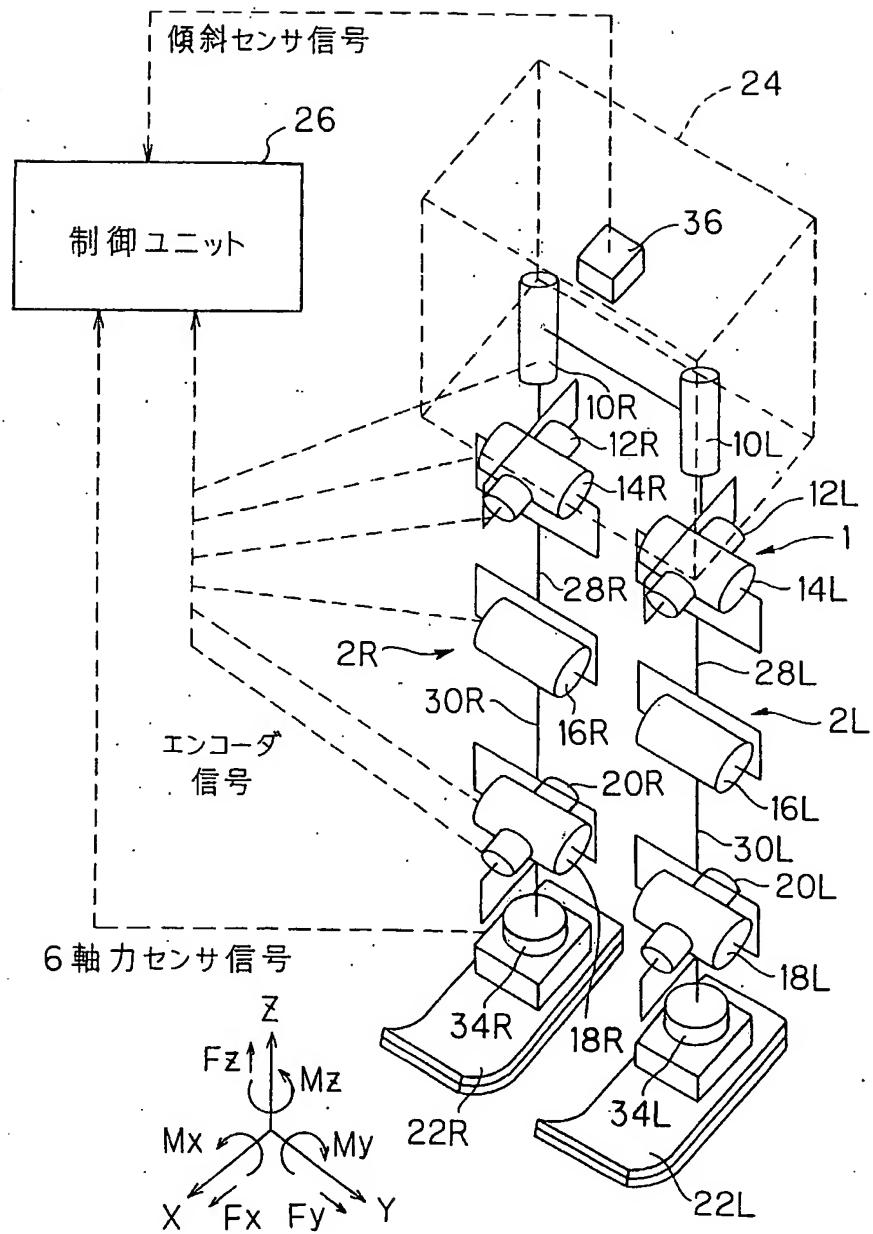
。

請求の範囲

1. 関節脚部を備え、アクチュエータで前記脚部を駆動して移動する脚式移動ロボットにおいて、前記脚部は、少なくとも第1の関節と、前記第1の関節より重力方向において下方に配置される第2の関節を備えると共に、前記第2の関節を5 駆動するアクチュエータが、前記第1の関節と同位置および前記第1の関節より重力方向において上方の位置のいずれかに配置されることを特徴とする脚式移動ロボット。
2. 前記第2の関節を駆動するアクチュエータの出力軸およびその出力が伝達される伝達要素の出力軸のいずれかが、前記第1の関節の軸線と同軸に配置されると共に、前記第2の関節は、前記第1の関節の軸線と同軸に配置された出力軸にロッドを介して駆動されるように接続されることを特徴とする請求の範囲第1項記載の脚式移動ロボット。
10
3. 前記第2の関節は、少なくとも異なる2方向の回転軸線を備えることを特徴とする請求の範囲第1項または第2項記載の脚式移動ロボット。
15
4. 前記第2の関節は、複数個のアクチュエータによって駆動されると共に、前記複数個のアクチュエータの出力軸およびそれらの出力が伝達される伝達要素の出力軸のいずれかと、複数本のロッドを介して駆動されるように接続されることを特徴とする請求の範囲第1項から第3項のいずれかに記載の脚式移動ロボット
20
。
25
5. 前記複数本のロッドは、前記第2の関節の軸線から所定の距離離間して配置されることを特徴とする請求の範囲第4項記載の脚式移動ロボット。
6. 前記第2の関節は、前記脚部が有する関節の中で最も接地側に配置される関節であることを特徴とする請求の範囲第1項から第5項のいずれかに記載の脚式移動ロボット。

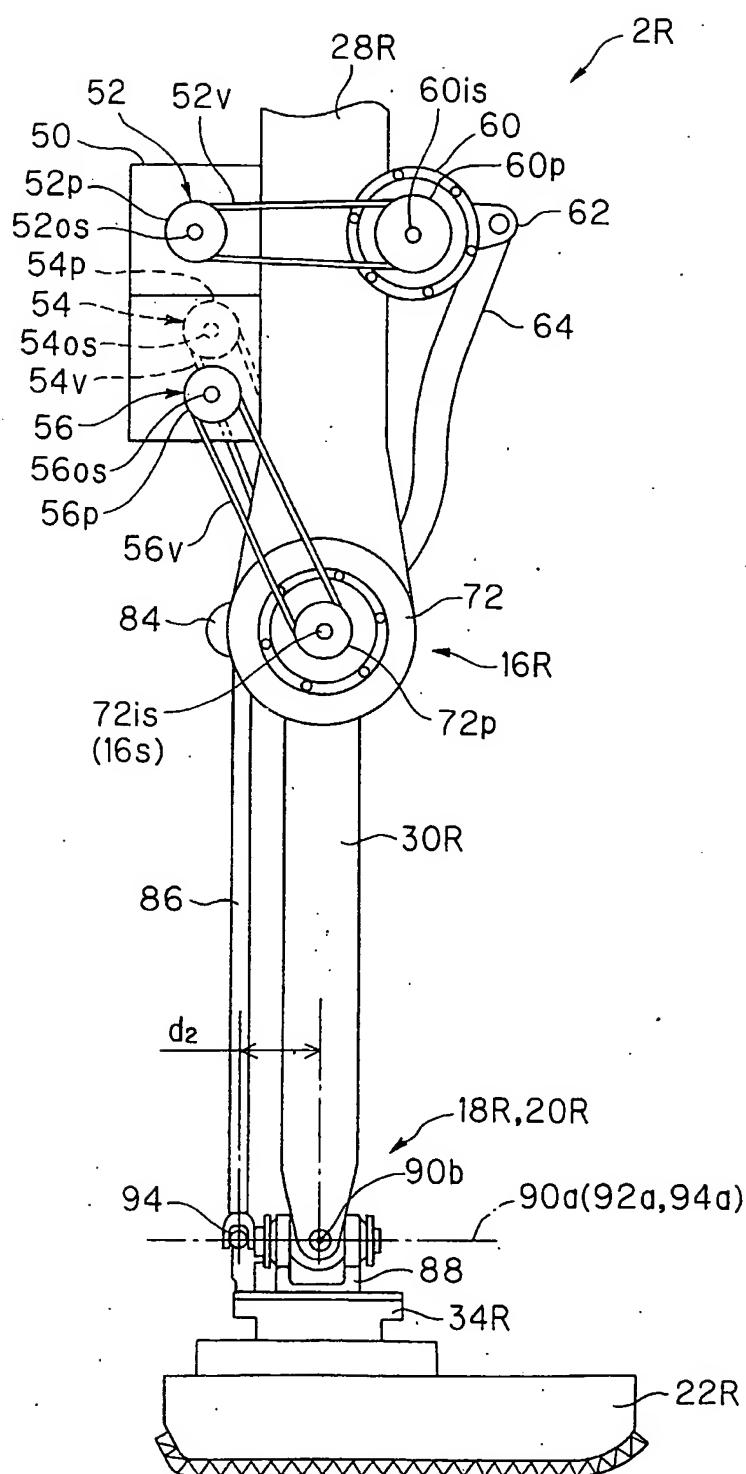
1/8

第1図



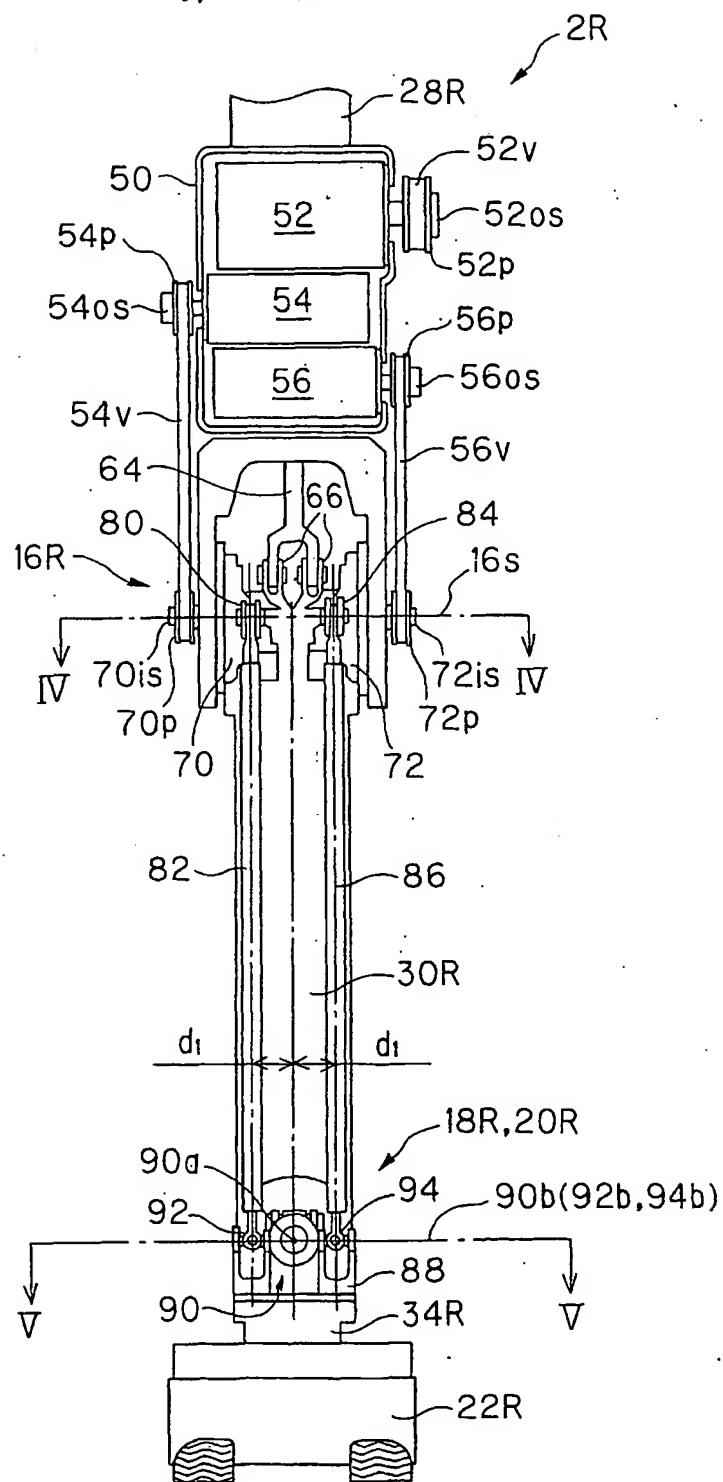
2/8

第 2 図



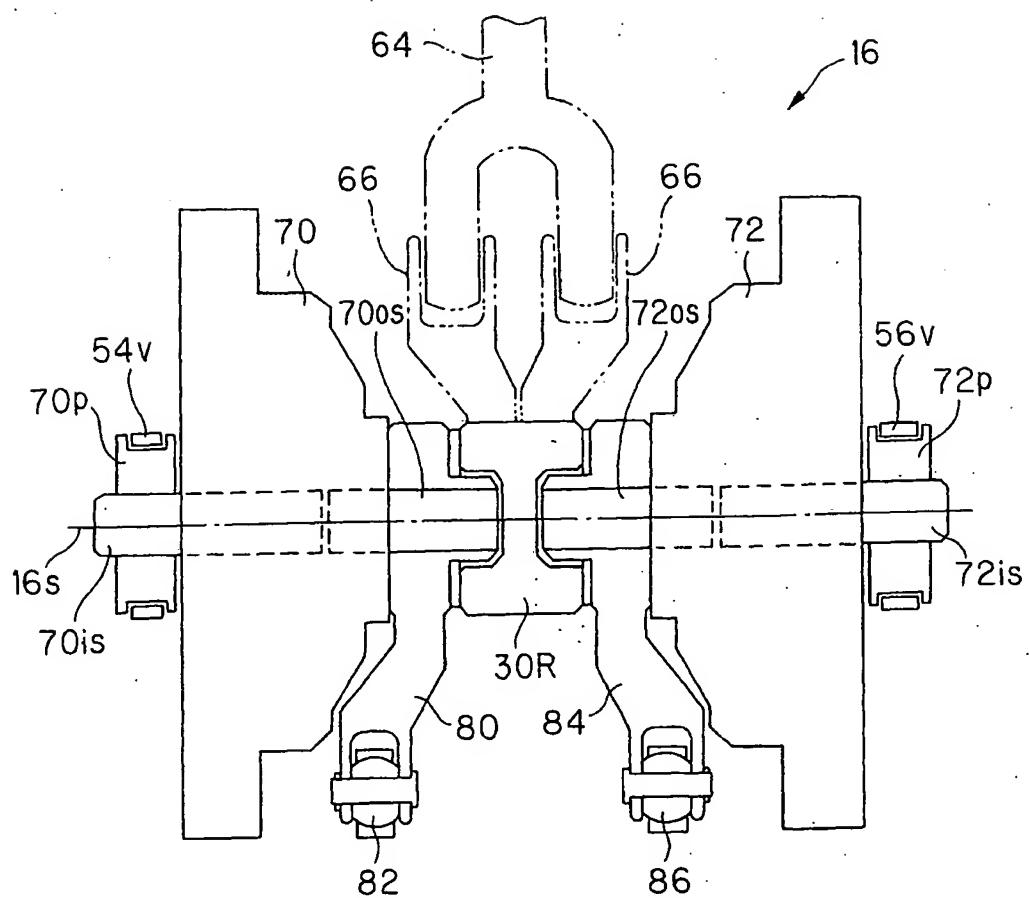
3/8

第3図



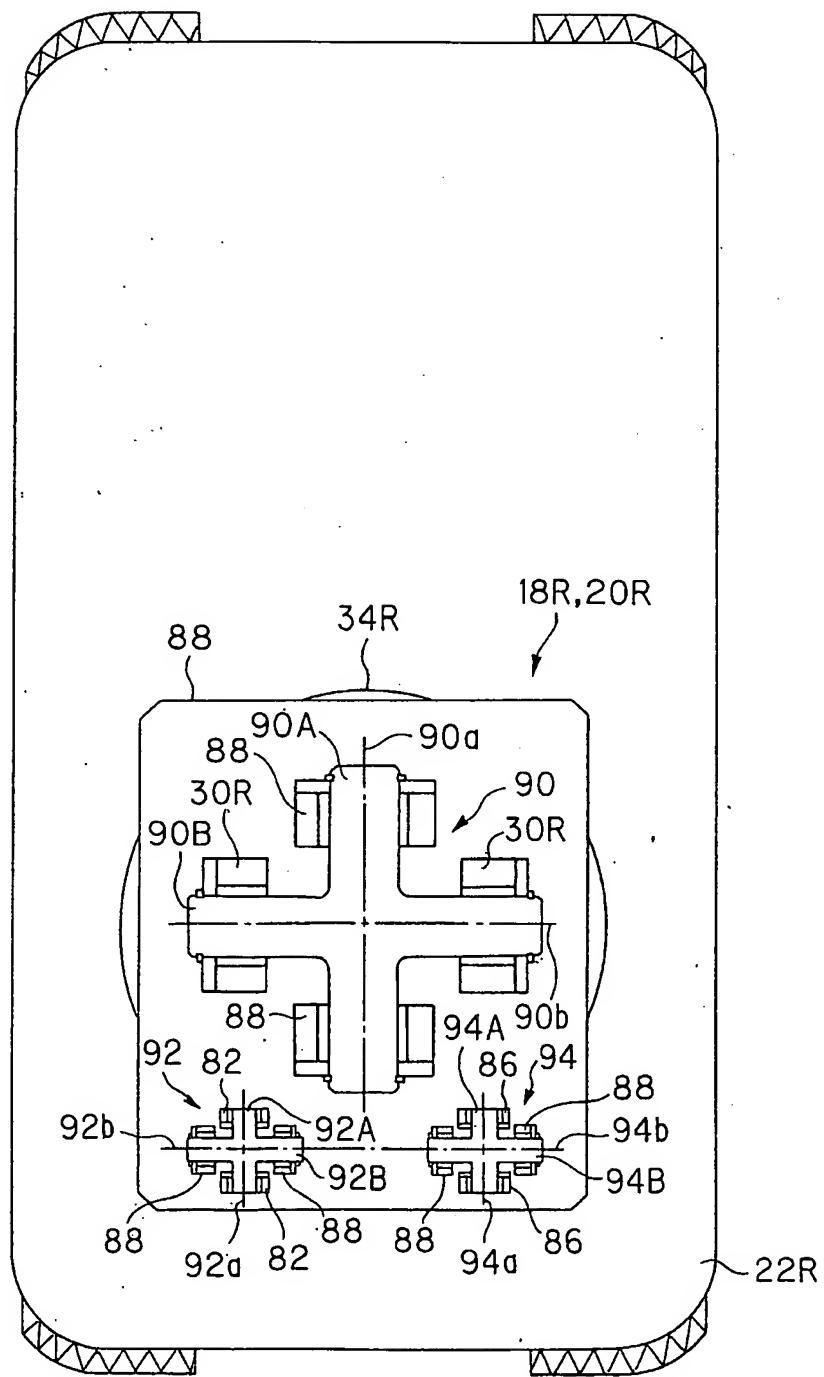
4/8

第 4 図



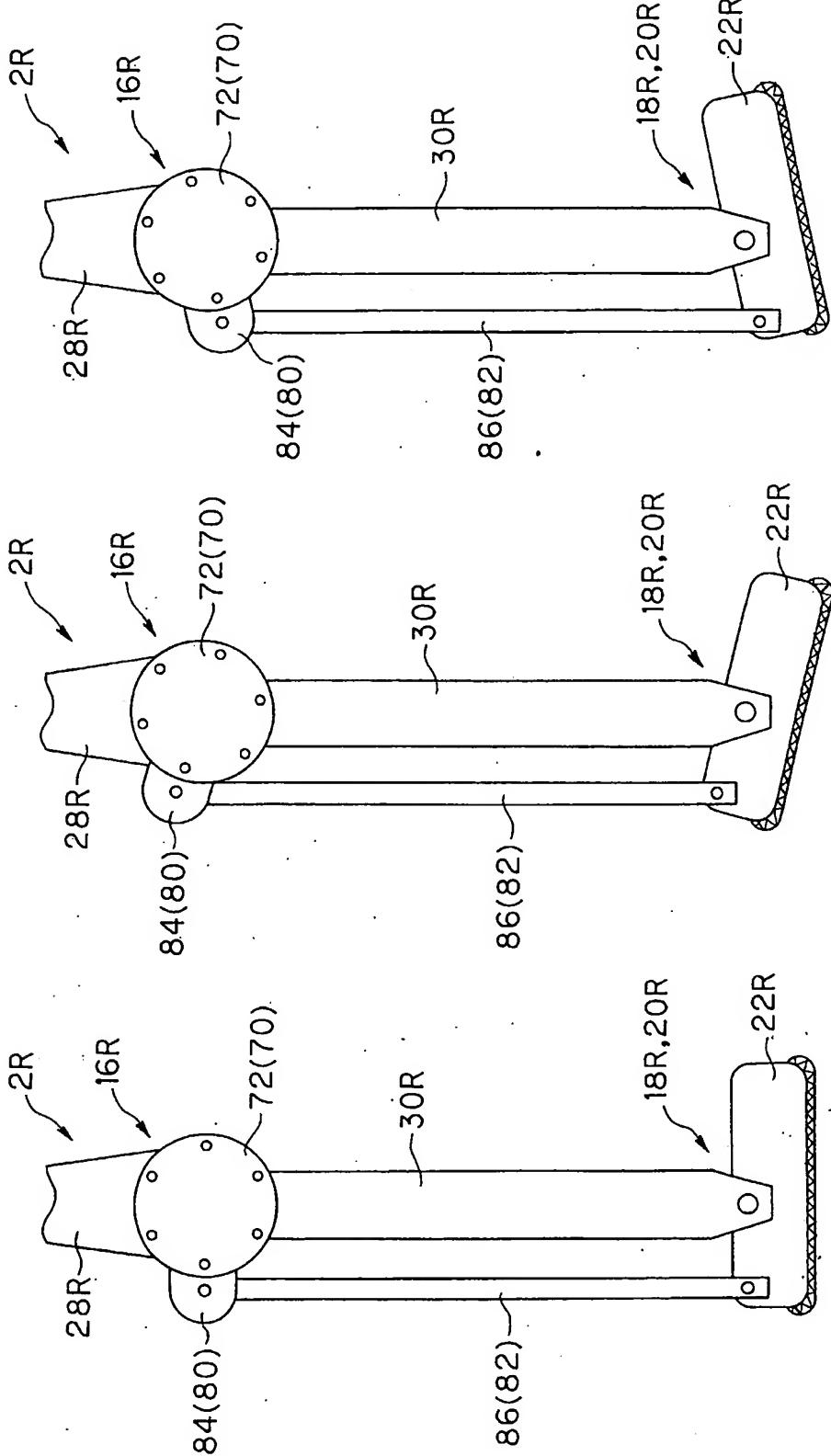
5/8

第 5 図



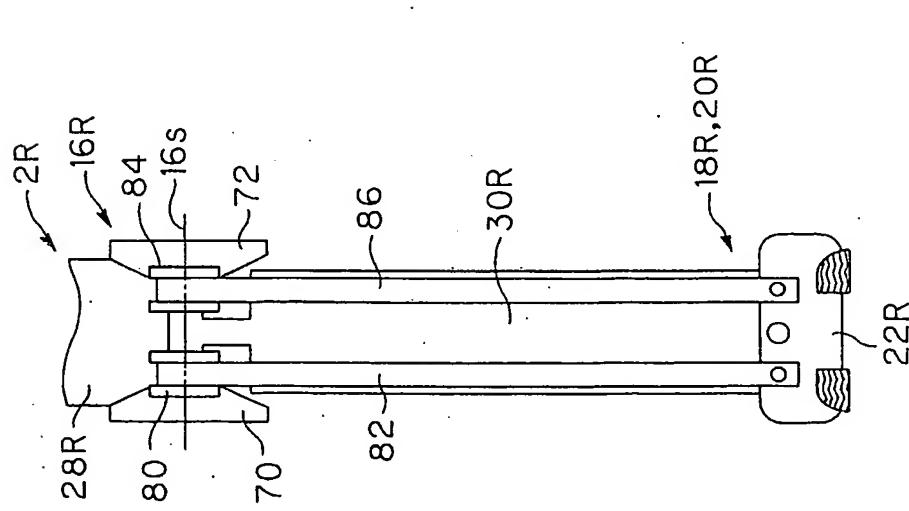
6 / 8

第6図A
第6図B
第6図C

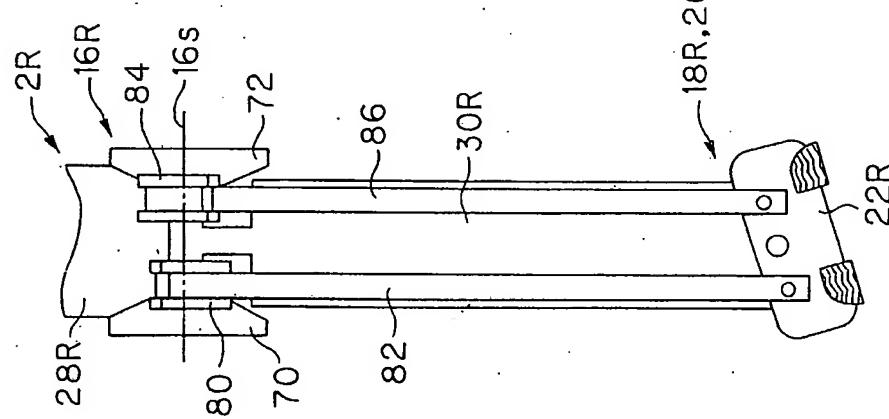


7/8

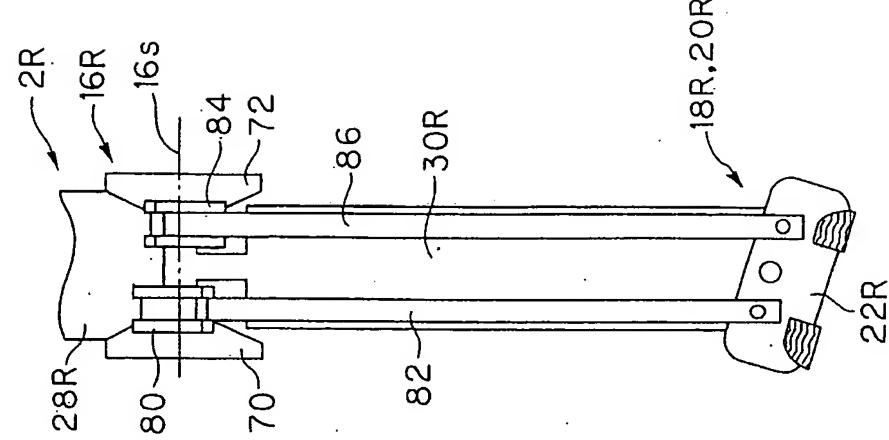
第7図A



第7図B

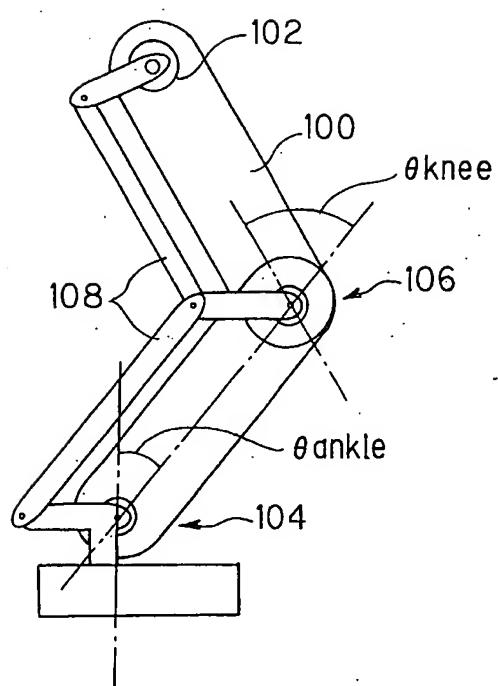


第7図C



8 / 8

第 8 図





European Patent
Office

SUPPLEMENTARY
EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 03 79 1197

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (IPC)
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	
A	WO 02/40228 A (HONDA MOTOR CO LTD [JP]; MIYAZAKI SUSUMU [JP]; HIDEAKI TAKAHASHI [JP]) 23 May 2002 (2002-05-23) * the whole document *	1-6	INV. B25J17/00 B25J5/00
A	WO 02/28600 A (CONSEJO SUPERIOR INVESTIGACION [ES]; AKINFIEV TEODOR [ES]; ARMADA RODR) 11 April 2002 (2002-04-11) * page 3, line 4 - page 5, line 9 *	1-6	
A	EP 1 083 120 A (SONY CORP [JP] SONY CORP [JP]; YAMAGUCHI JINICHI [JP]) 14 March 2001 (2001-03-14) * the whole document *	1-6	
A	US 4 834 200 A (KAJITA SYUJI [JP]) 30 May 1989 (1989-05-30) * the whole document *	1-6	
A	EP 0 433 096 A (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 19 June 1991 (1991-06-19) * the whole document *	1-6	TECHNICAL FIELDS SEARCHED (IPC)
			B25J B62D
The supplementary search report has been based on the last set of claims valid and available at the start of the search.			
3	Place of search Munich	Date of completion of the search 26 February 2008	Examiner Mingrino, Alessandra
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS			
X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document			
T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons & : member of the same patent family, corresponding document			



European Patent
Office

Application Number
EP 03 79 1197

CLAIMS INCURRING FEES

The present European patent application comprised at the time of filing more than ten claims.

- Only part of the claims have been paid within the prescribed time limit. The present European search report has been drawn up for the first ten claims and for those claims for which claims fees have been paid, namely claim(s):

- No claims fees have been paid within the prescribed time limit. The present European search report has been drawn up for the first ten claims.

LACK OF UNITY OF INVENTION

The Search Division considers that the present European patent application does not comply with the requirements of unity of invention and relates to several inventions or groups of inventions, namely:

see sheet B

- All further search fees have been paid within the fixed time limit. The present European search report has been drawn up for all claims.

- As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, the Search Division did not invite payment of any additional fee.

- Only part of the further search fees have been paid within the fixed time limit. The present European search report has been drawn up for those parts of the European patent application which relate to the inventions in respect of which search fees have been paid, namely claims:

- None of the further search fees have been paid within the fixed time limit. The present European search report has been drawn up for those parts of the European patent application which relate to the invention first mentioned in the claims, namely claims:

- The present supplementary European search report has been drawn up for those parts of the European patent application which relate to the invention first mentioned in the claims (Rule 164 (1) EPC).



The Search Division considers that the present European patent application does not comply with the requirements of unity of invention and relates to several inventions or groups of inventions, namely:

1. claims: 1-6

A legged mobile robot equipped with articulated legs such that it moves by driving each leg by an actuator associated therewith, each leg having at least a first joint and a second joint located below the first joint in the gravitational direction; and the actuator that drives the second joint being located at least one of a position same as that of the first joint and a position above the first joint in the gravitational direction.

2. claims: 7, 9-13

A legged mobile robot equipped with articulated legs such that it moves by driving each leg by an actuator associated therewith each leg having at least a first joint and a second joint located below the first joint in the gravitational direction and having a speed reducer to which an output of the actuator that drives the second joint is transmitted; and having an input shaft of the speed reducer located coaxially with an axis of the first joint.

3. claims: 8, 9-13

A legged mobile robot equipped with articulated legs such that it moves by driving each leg by an actuator associated therewith, each leg having at least a first joint and a second joint located below the first joint in the gravitational direction; and having a link that connects the first and the second joints, and a speed reducer to which an output of the actuator that drives the second joint is transmitted, whereby a base of the speed reducer is located at a link that connects the first joint and the second joint.

The present application includes three separate inventions:

Claims 1-6: A legged mobile robot equipped with articulated legs with a particular positioning of the actuator that allows the reduction of the moment of inertia on the leg.

Claims 7, 9-13: A legged mobile robot equipped with articulated legs, allowing an accurate transmission of the force.

Claims 8-13: A legged mobile robot equipped with articulated legs, allowing an accurate transmission of the force.



European Patent
Office

LACK OF UNITY OF INVENTION
SHEET B

Application Number
EP 03 79 1197

The Search Division considers that the present European patent application does not comply with the requirements of unity of invention and relates to several inventions or groups of inventions, namely:

The features common to the three inventions are:

A legged mobile robot equipped with articulated legs such that it moves by driving each leg by an actuator associated therewith, each leg having at least a first joint and a second joint located below the first joint in the gravitational direction.

Such a legged mobile robot is known in the state of the art (see for example document WO 02/28600)

The present application does not fulfill the requirements of Article 82 EPC because the three inventions are not linked by a general inventive concept.

**ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT
ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO.**

EP 03 79 1197

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on.
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

26-02-2008

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
WO 0240228	A	23-05-2002	AU CA CN EP RU US	1431502 A 2427571 A1 1474738 A 1344614 A1 2241595 C1 2004074679 A1	27-05-2002 01-05-2003 11-02-2004 17-09-2003 10-12-2004 22-04-2004
WO 0228600	A	11-04-2002	AU ES	1236302 A 2166735 A1	15-04-2002 16-04-2002
EP 1083120	A	14-03-2001	CN DE DE JP JP KR US	1289665 A 60020315 D1 60020315 T2 3435666 B2 2001150371 A 20010050355 A 6583595 B1	04-04-2001 30-06-2005 04-05-2006 11-08-2003 05-06-2001 15-06-2001 24-06-2003
US 4834200	A	30-05-1989	JP JP JP	1708215 C 4015068 B 63150176 A	11-11-1992 16-03-1992 22-06-1988
EP 0433096	A	19-06-1991	DE DE DE DE JP JP US	69031613 D1 69031613 T2 69033942 D1 69033942 T2 2592340 B2 3184782 A 5159988 A	27-11-1997 12-02-1998 08-05-2002 14-08-2002 19-03-1997 12-08-1991 03-11-1992